

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Univerzitní studijní programy

Podavač plněných profilů

Feeder of filled profiles

Student:

Tomáš Sirník

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Široký

Ostrava 2019

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Sirník**
Studijní program: B3943 Mechatronika
Studijní obor: 3906R006 Mechatronické systémy
Téma: Podavač plněných profilů
Feeder of Filled Profiles
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Analyzujte současný stav podavače plněných profilů ve firmě VÚHŽ a.s.
- 2) Na základě analýzy sestavte požadavkový list.
- 3) Navrhněte zlepšení zařízení na základě požadavků z požadavkového listu.
- 4) Navržené úpravy zařízení doložte 3D modelem, schématy zapojení a příslušnou dokumentací.
- 5) Práce také doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a dokumentací dle pokynů vedoucího.

Seznam doporučené odborné literatury:

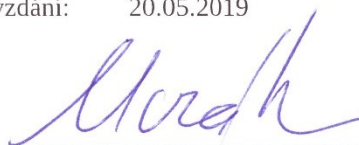
- [1] Burkovič, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 110 s. ISBN 80-248-0709-2.
- [2] Talácko, J.-Matička, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3.
- [3] Burkovič, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-24-1869-6.
- [4] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [5] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Široký**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



Ing. Zdeňka Chmelíková, Ph.D.
prorektorka pro studium

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představenství a užití díla školního a § 60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Sirník

Adresa trvalého bydliště:

Beskydská 1720, 738 01, Frýdek-Místek

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petrovi Širokému a kolektivu pracovníků firmy VÚHŽ a.s. za pomoc, podporu při vypracování této práce a poskytnutí konzultací.

ANOTACE

Sirník, T. Podavač plněných profilů: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Univerzitní studijní programy, Katedra robotiky, 2019, 53 s. Vedoucí práce: Ing. Petr Široký.

Bakalářská práce se zabývá zlepšením dosavadního modelu podavače drátu. Jedná se o systém podávání plněného profilu drátu pro slévárenství a ocelárenství. V úvodu je popsáno stávající řešení podavače. Následuje popis přítlaku podávací kladky pomocí pružiny. Zde se vycházelo z původního řešení, kde byly vypočteny potřebné tlaky pro spolehlivý posuv drátu. Poté je popsána rešerše elektrických pohonů, které budou použity v práci. Byla provedena vícekritériální analýza pro výběr nejvhodnějšího motoru včetně převodovky. S vítěznou variantou byl následně vytvořen model podavače včetně řídicího systému v programu Creo Parametric 4.0. Přínosem práce je vylepšení daného modelu a dosažení nižších nákladů na jeho výrobu.

Klíčová slova: podavač, řídicí systém, podávací zařízení, rám

ANNOTATION

Sirník, T. Feeder of filled profiles: Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, University Study Programs, Department of Robotics, 2019, 53 s. Thesis supervisor: Ing. Petr Široký

The bachelor thesis deals with the improvement of the current wire feeder model. It is a feeding system of filled wire profile for foundry and steel industry. The introduction describes the current feeder solution. The following describes the pressure of the feed roller by means of a spring. The starting point was based on the original solution, where the necessary pressures for reliable wire feed were calculated. Then a search for electrical drives that will be used at work is described. A multi-criteria analysis was performed to select the most suitable engine including gearbox. Then the model of the feeder including the control system in Creo Parametric 4.0 was created with the winning variant. The benefit of the work is to improve the model and achieve lower production costs.

Keywords: feeder, control system, feed device, frame

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
Seznam použitých zkratk a symbolů	11
Úvod	13
1 Podávací zařízení	14
1.1 Použití pro technologické procesy	15
1.2 Technické parametry	15
1.2.1 Konstrukce rámu	16
1.2.2 Motor	17
1.2.3 Převodovka	18
1.2.4 Přítlak	19
1.2.5 Řídicí systém	22
2 Elektrické stroje.....	24
2.1 Stejnoseměrné stroje	25
2.2 Asynchronní motory.....	27
2.3 Výpočty stávajícího pohonu.....	29
3 Stanovení požadavků.....	30
3.1 Požadavkový list	30
4 Návrh motoru.....	31
4.1 Vícekriteriální analýza	33
4.1.1 Stanovení váhy koeficientů	33
4.1.2 Varianta A	34
4.1.3 Varianta B.....	35
4.1.4 Varianta C.....	36
4.1.5 Varianta D	37
4.1.6 Stanovení pořadí	38
4.1.7 Zohlednění koeficientů významnosti	38
4.1.8 Stanovení výsledku.....	39
5 Návrh konstrukčního řešení	40
5.1 Základní rám podavače	40
5.2 Rám pro úchyt pohonu	41
5.3 Sestava pohonu.....	42

5.4 Přítlačná kladka	43
5.5 Rám včetně příslušenství.....	44
5.6 Finální model podávacího zařízení	45
6 Návrh řídicího systému	46
6.1 Frekvenční měnič	47
6.2 Magnetický senzor	48
6.3 Indukční senzor	48
6.4 Vizualizace řídicího systému	49
7 Závěr	50
Seznam použité literatury	51
Seznam příloh.....	53

Seznam obrázků

Obr. 1.1 – Podavač drátu Dapro 7.1.....	14
Obr. 1.2 – Nosná konstrukce rámu původního řešení.....	16
Obr. 1.3 – Motory včetně převodovek.....	17
Obr. 1.4 – Detail přítlaku.....	19
Obr. 1.5 – Tlačná pružina Hennlich [6].....	21
Obr. 1.6 – Blokové schéma PLC [7].....	22
Obr. 1.7 – Simatic S7 1200 [7].....	23
Obr. 2.1 – Blokové schéma elektromotoru [8].....	24
Obr. 2.2 – Konstrukční uspořádání stejnosměrného motoru [1].....	26
Obr. 2.3 – Konstrukční uspořádání asynchronního motoru [1].....	28
Obr. 4.1 – Výběr DC motoru [10].....	31
Obr. 4.2 – Raveo RMS90L4-CMB633-B14 [10].....	34
Obr. 4.3 – Raveo RMS100LB4-CMB903-B14 [10].....	35
Obr. 4.4 – Stöber D90L4-K202-0170 [11].....	36
Obr. 4.5 – Stöber D100L4-K302-0175 [11].....	37
Obr. 4.6 – Vítězná varianta [10].....	39
Obr. 5.1 – Základní rám pro podavač.....	40
Obr. 5.2 – Rám pro úchyt pohonu.....	41
Obr. 5.3 – Sestava pohonu.....	42
Obr. 5.4 – Přítlačná kladka.....	43
Obr. 5.5 – Rám včetně příslušenství.....	44
Obr. 5.6 – Sestava modelu.....	45
Obr. 6.1 – Blokové schéma řídicího systému.....	46
Obr. 6.2 – Frekvenční měnič Bosch Rexroth EFC5610 [12].....	47
Obr. 6.3 – Magnetický senzor [13].....	48
Obr. 6.4 – Indukční senzor [14].....	48
Obr. 6.5 – Vizualizace řídicího systému.....	49

Seznam tabulek

Tab. 1.1 – Štítkové údaje elektropohonu.....	18
Tab. 1.2 – Parametry pružin.....	20
Tab. 1.3 – Potřebná síla přitlaku.....	21
Tab. 4.1 – Stanovení kritérií.....	33
Tab. 4.2 – Určení normované váhy.....	33
Tab. 4.3 – Varianta A.....	34
Tab. 4.4 – Varianta B.....	35
Tab. 4.5 – Varianta C.....	36
Tab. 4.6 – Varianta D.....	37
Tab. 4.7 – Stanovení pořadí.....	38
Tab. 4.8 – Souhrn variant.....	38
Tab. 4.9 – Zohlednění koeficientů významnosti.....	38

Seznam použitých zkratek a symbolů

AC	Střídavý proud (<i>alternating current</i>)
CAD	Počítačem podporované navrhování (<i>computer aided design</i>)
CPU	Centrální procesorová jednotka (<i>central processing unit</i>)
ČSN	Československá státní norma
DC	Stejnoseměrný proud (<i>direct current</i>)
FM	Frekvenční měnič
IE2	Zvýšená účinnost
LAN	Místní síť (<i>local area network</i>)
N	Nulový vodič
PE	Ochranný vodič (<i>protective conductor</i>)
PLC	Programovatelný logický automat (<i>programmable logic controller</i>)
RLY	Relé (<i>relay</i>)
ŘS	Řídicí systém
TN-S	Trakční napájecí stanice
VÚHŽ	Výzkumný ústav hutnictví železa
B_j	Váha kritéria
d	Průměr drátu pružiny
D	Průměr
D_e	Vnější průměr pružiny
F	Síla
F_n	Síla vyvinutá pružinou
Hz	Hertz
i	Převodový poměr

KB	Kilobyte
Kč	Koruna česká
Kg	Kilogram
kW	Kilowatt
L_n	Délka pružiny při maximálním zatížení
L_o	Délka pružiny ve volném stavu
m	Metr
M	Moment
MB	Megabyte
mm	Milimetr
M_n	Jmenovitý moment motoru
MW	Megawatt
η	Účinnost převodovky
n	Počet činných závitů
n_2	Otáčky převodovky
N·m	Newtonmetr
n_n	Jmenovité otáčky motoru
n_t	Celkový počet závitů
P_{FM}	Výkon frekvenčního měniče
P_m	Výkon motoru
R	Tuhost pružiny
S_j	Suma varianty
V	Volt
v	Rychlost
z_j	Hodnota kritéria

Úvod

V dnešní době rychlého vývoje techniky a automatizace se klade velký důraz na přesnost, bezpečnost a také na úsporu času výroby. Zefektivnění výroby dovoluje zvýšit produktivitu práce, a tím pádem i samotnou výrobu v závodech. V mnoha firmách nalezneme robota či jiné zařízení, což se projevuje velmi kladně, jelikož se sníží náklady na výrobu.

Podnět k vytvoření mé bakalářské práce mi poskytla firma VÚHŽ a.s., se sídlem v obci Dobrá. Zabývá se automatizací, válcováním, slévárenstvím a dalšími odvětvími. Věnuje se výzkumu, vývoji, testování a výrobě hladinoměů pro modernizovaná kontilití. Nadále však zajišťuje i uvádění produktů do provozu.

Cílem práce je popsat stávající řešení podávacího zařízení Dapro 7.1 pro plněné profily drátů, definovat základní parametry, řízení podavače a také vytvořit možnou inovaci podávacího zařízení. Pomocí této inovace dojde ke snížení nákladů na výrobu, hmotnost a cenu podavače. Díky těmto aspektům se také zmenší celková konstrukce rámu. Následuje vytvoření systému řízení pomocí programovatelných logických automatů. K tomuto řízení se zhotoví schémata zapojení. Finálním krokem je zhodnocení možné inovace oproti původnímu řešení.

1 Podávací zařízení

Tento typ podávacího zařízení je určen hlavně pro malé či střední podniky. Svými malými rozměry a konstrukcí je přizpůsobený pro menší slévárny a ocelárny.



Obr. 1.1 Podavač drátu Dapro 7.1

Podavač je určen zejména pro zpracování oceli a litin technologií injektáže plněných profilů. Podle potřeby zákazníka je možné dodávat v kompaktním provedení tzn. (kompletní elektrorozvaděč je integrovaný v podstavci zařízení) nebo rozdělený na samotnou podávací hlavu a elektrorozvaděč. Na místě se instalace pouze propojí kabeláží. Ovládací panel může být umístěný u obou uvedených verzí mimo, a to např. v řídicí kabině nebo ve velině. V případě poruchy ovládacího zařízení v kabině je připojeno další ovládání v horní části mimo skříň podavače.

1.1 Použití pro technologické procesy

Použití vhodného podávacího zařízení je velmi důležité, a to z hlediska úspory energie či materiálu při výrobě. Zvolením vhodného podavače pro daný proces, určuje možnost využití daného zařízení.

Použití podavače Dapro 7.1 pro následující technologické procesy:

- a) mimopecní zpracování oceli:
 - legování (mikrolegování)
 - modifikace vměstků pomocí CaSi

- b) mimopecní zpracování litiny:
 - očkování
 - modifikace
 - legování (mikrolegování)
 - odsiřování

1.2 Technické parametry

Průměr profilu drátu může dosahovat až 13 mm, minimálně však 6 mm. Podávací rychlost drátu lze korigovat pomocí řídicího systému. Rychlost se pohybuje v rozmezí od 0,16 až 1,05 m·s⁻¹. Přesnost přídavku je cca 0,5 mm na 100 metrů. Celková hmotnost podávacího zařízení činí 255 kg.

Rozměry bez vodících trubek činí 750 x 850 x 550 mm.

1.2.1 Konstrukce rámu

Rám je tvořen ze základních profilů jekl 40 x 40 x 3 s různou délkou, které jsou k sobě svařeny a tvoří tak celek nosné konstrukce pro příslušné komponenty. Profily jsou z běžné konstrukční oceli třídy 11 375. Ve spodní části nosné konstrukce si lze všimnout profilu U 80, který slouží jako upevnění celkového rámu se zemí.



Obr. 1.2 Nosná konstrukce rámu původního řešení

1.2.2 Motor

Napájení je realizováno pomocí třífázové střídavé sítě. Označení má následné: 3/N/PE AC 400 V 50 Hz TN-S.

Podávací zařízení má 2 motory, které jsou identické a jsou zapojené do série. Jedná se o asynchronní motory IE2 od německé značky Lenze s měničem frekvence. Tudíž se dají řídit otáčky motoru a s návazností na to, rychlost posuvu drátu. Hmotnost jednoho motoru činí dle katalogových údajů 19,5 kg.



Obr. 1.3 Motory včetně převodovek

1.2.3 Převodovka

Je to kompaktní strojní zařízení, které umožní převod mezi hnacím a hnaným strojem. Nachází se mezi motorem a pracovním mechanismem. Slouží k přeměně parametrů pohybů jako je kroutící moment a frekvence otáčení.

V podávacím zařízení jsou dvě čelněšnekové převodovky GSS, které jsou dvoustupňové a dosáhnou točivého momentu 152 N·m s motorem MHEMAXX090. Tento typ převodovky disponuje patkovým či přírubovým provedením. Hmotnost jedné převodovky je dle katalogových údajů 19 kg.

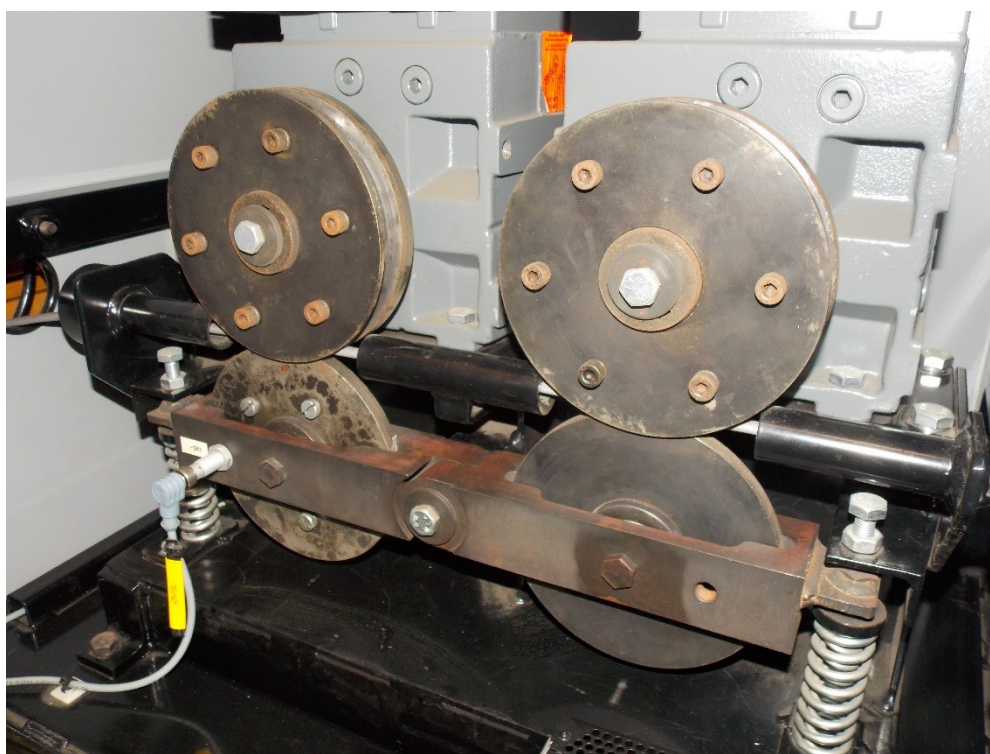
Tab. 1.1 Štítkové údaje elektropohonu

LENZE				C€				
Made in Germany								
3-MOT EN60034				Hz	50	60	87	IE2
GSS05-2M VAR 090C32		1318		kW	1,5	1,5	2,7	S1
MHEMAXX090-32C1C				V γ Δ	400	460		Range A
					230	2365	400	
i = 17,360				A γ Δ	3,3	3		ISO
					5,8	5,1	4,5	CLF
n ₂ = 82,7 ot·min ⁻¹		50 Hz		ot·min ⁻¹	1,435	1,745	2,545	IP 55
C 503	CLP PG 460			η %	82,8	84,0	86,0	TKO
				cosφ	0,76	0,75	0,76	
				C86	1529		1530	
03119832				η %	% (50 Hz); 83,4(75 %), 82,2 (50 %)			
15534170	3409669							

1.2.4 Přítlak

Aby se plněný drát mohl pohybovat, je nutné vyvinout potřebný přítlak. Tento přítlak je realizován pomocí tlakové deformace, a to s pomocí dvou kotoučů, které jsou navzájem rovnoběžné. Přítlak je možný seřídit pomocí dvou šroubových spojů, které drží čtyři pružiny. Podle tloušťky profilu drátu či změny přítlaku je nutné nastavit správný kontakt kotoučů s drátem. Pomocí šroubového spoje lze tohoto styku dosáhnout tím, že šestihranný šroub otáčíme ve směru hodinových ručiček a tím vzniká větší tlak. Ve šroubovém spoji vzniká větší předpětí, které nám zaručuje samosvornost. Pokud chceme zajistit spolehlivý posuv drátu, jedná se o náročnou situaci, protože každý drát je specifický, jak z hlediska materiálu, tak tloušťky.

Nejdůležitějším bodem je kontakt kladky s drátem, aby dodávka drátu byla konstantní a klidná. Za žádných okolností nesmí dojít k prokluzu, jinak se může zničit nejen drát, ale i kotouč, popřípadě motor. Jak již bylo zmíněno, přítlak obstarává pružina. U jiných typů podavačů je ocelová planžeta, která je opatřena mechanismem nejčastěji šroubovým.



Obr. 1.4 Detail přítlaku

Nežádoucí změny přitlaku:

- a) únava pružiny
- b) uvolnění šroubového spoje
- c) nečistota kontaktu
- d) olej v kontaktu
- e) drsnost povrchu

Aby bylo zamezeno těmto nežádoucím změnám, je třeba provádět pravidelnou kontrolu a údržbu.

Pružiny

Jsou strojní součásti, které slouží k vyvození síly či momentu. Akumulují mechanickou energii, kterou se snaží tlumič utlumit. Hlavní vlastností pružiny je její značná elastická deformace, která je dána materiálem o vyšší poddajnosti či správným tvarem pružiny. Pracují obvykle při kolísavém zatížení. Umožňují vytvořit tzv. pružný spoj. Pro přitlak drátu se zde používá pružina namáhána tlakem, která je vinutá z oceli dle normy ČSN 42 6450. 21.

Tab. 1.2 Parametry pružin

Tlačná pružina:	3,55x21x88x10,5	4,5x31,3x105x10,5	Jednotky
d	3,55	4,5	mm
D _e	21	31,3	mm
L _o	88	105	mm
R	34,5	24,6	N·mm ⁻¹
n	8,5	8,5	-
n _t	10,5	10,5	-
F _n	1750	1420,65	N
L _n	50,725	57,75	mm

Příklady výpočtů tlačné pružiny

Příklad výpočtu přítlačné síly:

$$F_1 = (L_0 - L_1) \cdot R = (88 - 80) \cdot 34,5 = 276 \text{ N} \quad (1)$$

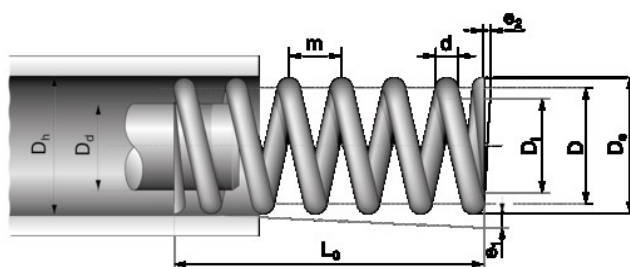
Příklad výpočtu maximální přítlačné mezní síly:

$$F_n = [L_0 - (n_t \cdot d)] \cdot R = [88 - (10,5 \cdot 3,55)] \cdot 34,5 = 1750 \text{ N} \quad (2)$$

Potřebná přítlačná síla pro průměry drátu:

Tab. 1.3 Potřebná síla přitlaku

Průměr profilu	Síla
Ø 6 mm	891 N
Ø 9 mm	1274 N
Ø 13 mm	1718 N



Obr. 1.5 Tlačná pružina Hennlich [6]

Kde:

D_h – průměr vodícího pouzdra

D_i – vnitřní průměr pružiny

D_d – průměr vodícího trnu

D – střední průměr pružiny

m – stoupání

D_e – vnější průměr pružiny

d – průměr drátu

e_2 – mezní odchylka největší a nejmenší naměřené vůle mezi závity

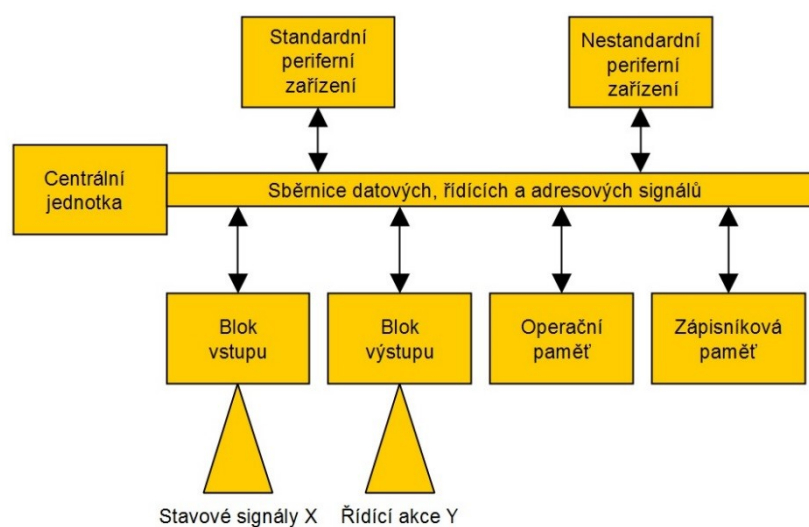
e_1 – mezní odchylka kolmosti opěrné plochy k ose tlačné pružiny

L_0 – délka pružiny ve stavu volném

1.2.5 Řídicí systém

Řídicí systém je realizován pomocí PLC (Programmable logic controller), v českém znění Programovatelný logický automat. Vyznačuje se tím, že je zde jeden výkonný prvek zajišťující všechny řídicí aktivity. K tomuto prvku jsou přivedeny všechny informace, které potřebuje pro řízení. PLC jsou postavené na mikroprocesorové technice a umožňují v čase měnit neboli programovat logickou funkci. Jsou mnohem rychlejší než relé technika, protože relé jsou pevně zadrátovaná a nelze měnit jejich logickou funkci. PLC se používá proto, že má výborné vlastnosti a je spolehlivý i v nepřetržitém provozu, který je důležitý pro podnik.

Řízení je prováděno řadou PLC od značky Siemens S7 typ 1200 1214 C. [7]



Obr. 1.6 Blokové schéma PLC [7]

Siemens S7 1200 1214 C

V použitém PLC je provedení procesoru DC/DC/RLY. Pracovní integrovaná paměť dosahuje hodnoty 100 KB. Vyrovnávací integrovaná paměť má 4 MB. Zatížitelnost paměti je 10 KB. Digitálních vstupů je celkově 14 a digitálních výstupů je 10. Analogové vstupy a výstupy jsou 2. Velikost procesní Image je 1024 Bytes pro vstupy a výstupy. Rozšíření pomocí signálových karet je možné, ale maximálně jich může být 8. Maximálních lokálních digitálních vstupů a výstupů může být až 284, napříč u analogových pouze 67. Zvýšení řady S7 1200 1217 C je možné, výhoda je však pouze v pracovní paměti, která má až 150 KB. [7]



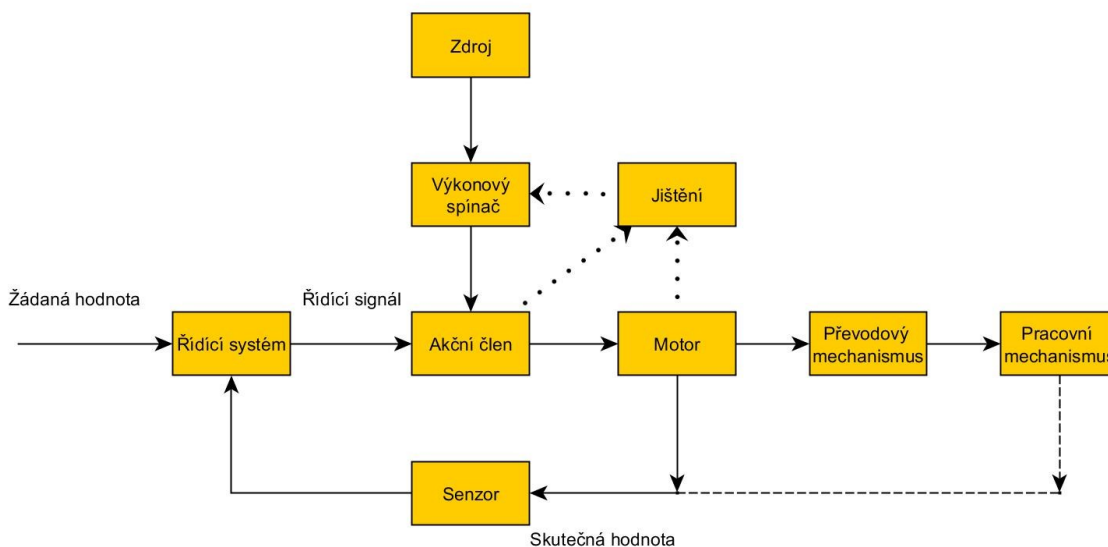
Obr. 1.7 Simatic S7 1200 [7]

Jedná se o automatizační systém. Modulární mikrokontrolér pro menší a střední automatizační úkoly. Rozsáhlé spektrum modulů je k dostání pro optimální adaptaci daného úkolu. PLC je sestaveno ze zdrojového modulu, řídicí jednotky CPU a v neposlední řadě vstupních a výstupních modulů pro digitální či analogové signály. Zvládá například řízení krokového motoru. Modul je tedy možné upravit pro tuto speciální úlohu.

Pro vyřešení dané úlohy, je nutné PLC naprogramovat. K tomu slouží programovací software TIA Portal od Siemens. Představuje společnou bázi pro vývoj aplikací z oblasti řídicí techniky. [7]

2 Elektrické stroje

Jsou to zařízení, která slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou. V opačném znění by se jednalo o generátor. Dnešní elektrické motory jsou provedeny jako točivé elektrické stroje, které můžeme nalézt v domácích spotřebičích (pračky, sušičky, ventilátory, mixéry...). [8]



Obr. 2.1 Blokové schéma elektromotoru [8]

Dělení podle druhu elektromotoru

- stejnosměrný DC
- střídavý AC
- krokový

2.1 Stejnosměrné stroje

Stejnosměrné stroje patří mezi historicky nejstarší. Tento pohon je rozšířený hlavně v dopravě. Používají se hojně v tramvajích, elektrických lokomotivách a trolejbusech. Mimo jiné je můžeme nalézt ve výtazích, válcovnách, obráběcích strojích atd. Mezi největší výhody patří jejich malá konstrukce společně s regulací otáček.

Disponuje velkým kroutícím momentem při malých otáčkách a lze snadno přizpůsobit zátěžovou charakteristiku poháněného zařízení. Stejnosměrné stroje se liší od střídavých strojů komutátorem. Je to v podstatě mechanický střídač, který zajišťuje vždy správnou polaritu proudu ve vodičích kotvy pro získání maximálního možného momentu. [2]

Základní části stejnosměrných strojů

1. pevná část (stator)
2. pohyblivá část (rotor)
3. kostra, ochrana a ostatní prvky

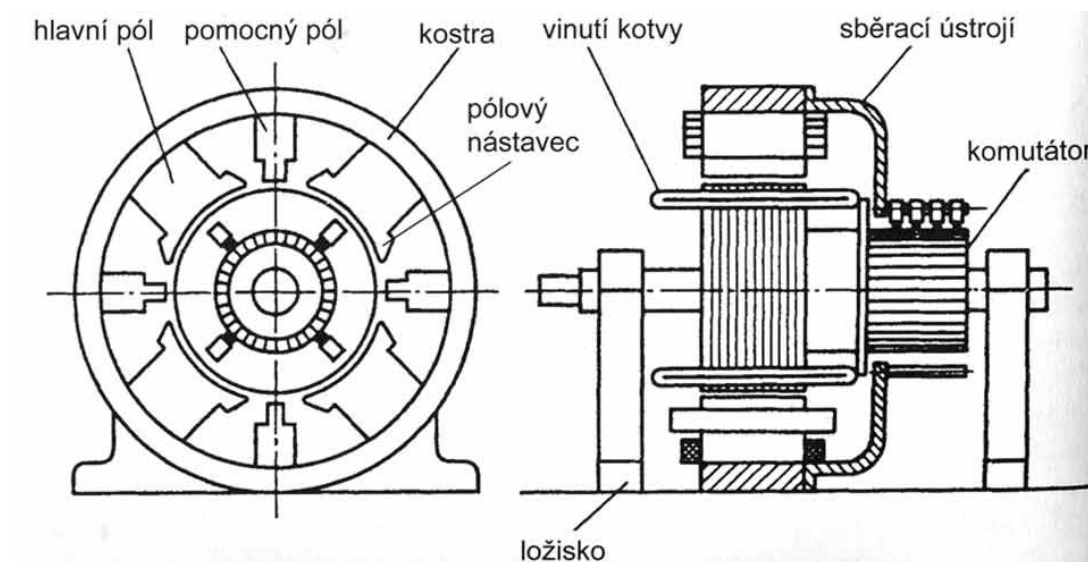
Rozdělení stejnosměrných strojů

Dle buzení stroje

- s cizím buzením
- s derivačním buzením
- se sériovým buzením
- s kompaundním (smíšeným) buzením

Konstrukční uspořádání

Stator odpovídá pevné nehybné části motoru tvořené z ocelového prstence, na kterém jsou umístěny póly s vinutím, buzené stejnosměrným proudem či permanentními magnety. Rotor je pohyblivá část motoru, která se skládá nejčastěji z tenkých izolovaných křemíkových plechů, v jejichž drážkách je uloženo vinutí cívek, kde se indukuje napětí a komutátor jej usměrňuje. [1], [2]



Obr. 2.2 Konstrukční uspořádání stejnosměrného motoru [1]

Princip stejnosměrného motoru

Tento motor pracuje na principu elektrodynamického účinku mezi proudy kotvy a magnetickým polem hlavních pólů. Ke svorkám motoru se přivede stejnosměrný proud, který prochází vodiči kotvy. Jelikož se vodiče nacházejí v magnetickém poli, působí na ně síla a motor se začne otáčet. Směr otáčení motoru lze určit pomocí pravidla levé ruky. Aby se kotva mohla otáčet v jednom směru, je nutné měnit smysl proudu ve vodičích v rotorovém vinutí. Tuto změnu zajišťuje komutátor. Aby otáčení nebylo pulzní, je důležité mít velký počet závitů. [1], [2]

2.2 Asynchronní motory

Jsou nejrozšířenějšími elektromotory v současnosti. Využívají se proto, že jsou nejjednodušší, nejlevnější, nejspolehlivější a nevyžadují skoro žádnou údržbu. Používají se k pohonům zařízení, jakou jsou např.: ventilátory, výtahy, obráběcí stroje, pásové dopravníky, podavače, kompresory a další.

Nejčastějším druhem bývá třífázový asynchronní motor. Vyrábí se v širokém rozsahu výkonů, a to od několika wattů až do 20 MW. Ve srovnání se stejnosměrnými stroji vyniká zde jeho jednoduchá konstrukce a uspořádání. Jejich rozšíření je spojeno s rozvojem střídavých distribučních sítí. [1], [9]

Dělení dle statorového vinutí

- třífázové
- jednofázové

dle rotorového vinutí

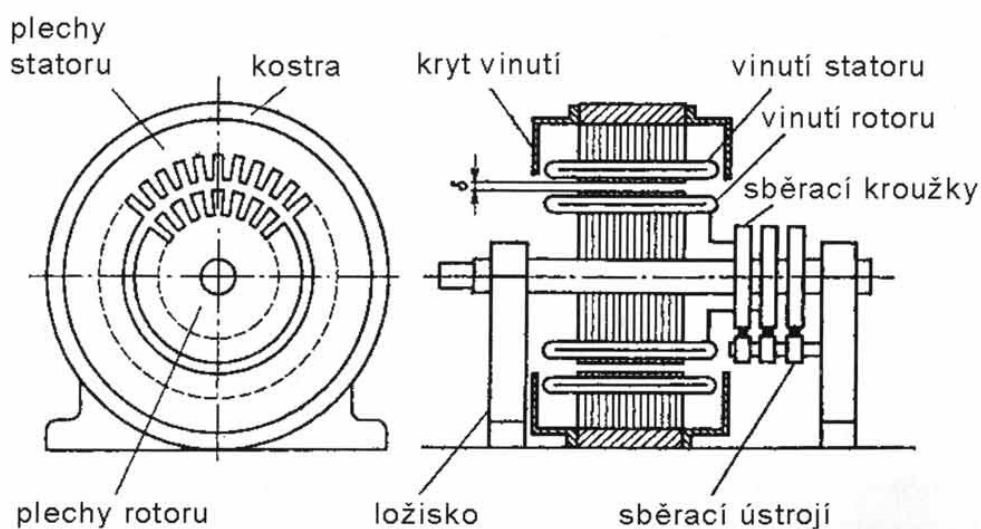
- nakrátko
- kroužkové

Konstrukční uspořádání

Stator je tvořen elektrotechnickými plechy naskládanými na sebe do tvaru dutého válce. Po vnitřní části obvodu jsou vedeny drážky, ve kterých jsou uložena vinutí vzájemně pootočená o příslušný úhel. U třífázového asynchronního motoru jsou jednotlivá vinutí vůči sobě pootočená o úhel 120° .

Rotor je tvořen pomocí elektrotechnických plechů, které jsou připevněny na hřídeli elektromotoru a po jeho obvodu jsou taktéž drážky, ve kterých jsou navzájem spojené vodiče tvořené měděnými nebo hliníkovými tyčemi.

Vinutí je uloženo v drážkách statorových a rotorových plechů. Na statoru obvykle bývá třífázové vinutí (nebo jednofázové i dvoufázové). Začátky a konce vinutí jsou vyvedeny na svorkovnici. V rotorových drážkách je uloženo vinutí, nazývaný se kotva. [1], [9]



Obr. 2.3 Konstrukční uspořádání asynchronního motoru [1]

Princip asynchronního motoru

Vinutí statoru je připojeno na třífázovou síť a vytváří tak točivé magnetické pole. Toto pole protíná vodiče rotoru, ve kterých se indukují napětí. Pokud je vinutí rotoru uzavřeno, tak tímto vinutím protéká proud, který vytváří magnetické pole rotoru. Vzájemným působením magnetických pólů vzniká síla, která působí na vodiče rotoru. Napětí i proud se bude ve vodičích rotoru indukovat jen v případě relativního pohybu pole statoru vůči vodičům rotoru. Otáčky točivého pole statoru a otáčky rotoru nemohou být stejné. Rozdíl otáček točivého magnetického pole statoru a pole rotoru se udává tzv. skluzem. [1], [9]

2.3 Výpočty stávajícího pohonu

Teoretický výpočet jmenovitého momentu motoru

$$M_n = \frac{P \cdot 30}{\pi \cdot n_n} = \frac{1,5 \cdot 30}{\pi \cdot 1435} = 9,988 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (3)$$

Převodový poměr převodovky GSS Lenze

$$i = \frac{n_n}{n_2} = \frac{1435}{82,7} = 17,36 \quad (4)$$

$i > 1$ – Jedná se o převod do pomala neboli reduktor, sníží se otáčky a zvýší se moment.

Obvodová rychlost při 50 Hz

$$v = \frac{D \cdot n_2 \cdot \pi}{60} = \frac{0,14 \cdot 82,7 \cdot \pi}{60} = 0,606 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5)$$

Obvodová rychlost při 87 Hz

$$v = \frac{D \cdot n_2 \cdot \pi}{60} = \frac{0,14 \cdot 144 \cdot \pi}{60} = 1,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6)$$

Výstupní moment z převodovky

$$M = M_n \cdot i \cdot \eta = 9,98 \cdot 17,6 \cdot 0,865 = 151,94 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (7)$$

Tažná síla dvou pohonů

$$F = \frac{M \cdot 2}{r} = \frac{303,88}{0,07} = 4341,14 \text{ N} \quad (8)$$

3 Stanovení požadavků

Požadavkový list vychází z výpočtů stávajícího motoru a z podmínek sestavených ve spolupráci s firmou VÚHŽ a.s., která stanovila důležité požadavky na inovaci podávacího zařízení.

3.1 Požadavkový list

1. Zmenšení konstrukce podavače
2. Snížení hmotnosti
3. Zachování či zvýšení rychlosti podávání drátu
4. Zachování průměrů pro drát (6 až 13 mm)
5. Minimální tažná síla 4341 N
6. Bezpečnost pro operátora – při otevření dveří podavače okamžité zastavení
7. Zajištění bezproblémového posuvu
8. Snížení výrobní ceny podávacího zařízení

4 Návrh motoru

Na základě požadavkového listu bylo nutné vybrat vhodný motor s převodovkou pro podávací zařízení, který zachová, případně i zvýší tahnou sílu a podávací rychlost.

Z vypracované rešeršní studie elektrických strojů a zvážení jejich výhod a nevýhod byly hledány nejprve stejnosměrné motory z důvodu jejich malých rozměrů. Vhodným kandidátem byl motor od společnosti Raveo značky Transtecno typ EC600.240 se šnekovou převodovkou CM 070.

Vstupní výkon (W)	Výstupní rychlost (min ⁻¹)	Výstupní moment (Nm)	sf	Převod		Verze motoru
800 (3000 min ⁻¹)	200	33	3,5	15	ECM 600/063	120/240
	150	43	2,4	20		
	120	53	1,8	25		
	100	60	2,1	30		
	75	77	1,4	40		
	60	93	1,1	50		
	50	107	0,9	60		
	38	132	0,7	80		
	30	114	0,7	100		
	150	43	3,5	20		
	120	53	2,6	25		
	100	61	3,0	30		
	75	78	2,1	40		
	60	94	1,6	50		
	50	110	1,3	60		
	38	137	0,9	80		
	30	158	0,7	100		
					ECM 600/070	120/240

Obr. 4.1 Výběr DC motoru [10]

Tento typ motoru splnil minimální požadavek výstupního momentu, ale rychlost případné podávací kladky činila 30 ot·min⁻¹, což se zdálo jako velmi nízká hodnota. Taková rychlost otáčení má negativní důsledek na rychlost posuvu drátu. Nabízí se zde možnost zvýšení průměru kladky, tak aby byla zajištěna podávací rychlost 1,05 m·s⁻¹.

Minimální průměr kladky pro zajištění podávací rychlosti

$$D = \frac{v \cdot 60}{n_2 \cdot \pi} = \frac{1,05 \cdot 60}{30 \cdot \pi} = 668,45 \text{ mm} \quad (9)$$

K zajištění podávací rychlosti je nutností, aby byl průměr podávací kladky minimálně 668,45 mm. Při tomto zvýšení průměru kladky bychom dosáhli požadované rychlosti posuvu. Zvětšení průměru kladky vyústí v negativní důsledky, jako jsou snížení tažné síly motoru a zároveň změna velikosti celé konstrukce modelu.

Výpočet tažné síly pohonu

$$M = F \cdot r \Rightarrow F = \frac{M}{r} = \frac{158}{0,334245} = 472,735 \text{ N} \quad (10)$$

Celková tažná síla při použití dvou motorů je 945,47 N. Jelikož základní podmínka není dodržena, daný motor nevyhovuje zadání pro podávací zařízení. Z důvodu, že takových motorů s podobným momentem a otáčkami bylo spoustu, nemělo cenu se zabývat směrem DC motorů. Byly navrženy motory asynchronní.

Zde byla možnost vybrat z několika druhů motorů a převodovek, které musely splnit potřebné požadavky. Se 4 nejvhodnějšími variantami byla provedena vícekritériální analýza.

4.1 Vícekriteriální analýza

V první řadě je potřeba stanovit kritéria, pomocí kterých budou jednotlivé varianty hodnoceny. V Tab. 4.1 je uveden zvolený soubor kritérií, včetně jednotky. Soubor je tvořen pěti kritérii.

Tab. 4.1 Stanovení kritérií

	Kritérium	Jednotka
1.	Cena	Kč
2.	Hmotnost	kg
3.	Výška	mm
4.	Maximální otáčky	ot·min ⁻¹
5.	Výstupní moment	N·m

4.1.1 Stanovení váhy koeficientů

Aby bylo hodnocení objektivní, je nutné si určit významnost daného kritéria. Vzhledem k počtu kritérií byla zvolena metoda bodovací, protože je vhodná pro menší počet kritérií. V uvedené Tab. 4.2 jsou vyobrazeny počty bodů jednotlivých hodnocení a jejich váhy.

Tab. 4.2 Určení normované váhy

Kritérium (K)	1.	2.	3.	4.	5.	Součet
Počet bodů (B _j)	42	25	15	10	8	100
Váha B _{jn}	0,42	0,25	0,15	0,1	0,08	1

$$B_{jn} = \frac{B_j}{\sum B_j} \quad (11)$$

$$B_{1n} = \frac{42}{100} = 0,42$$

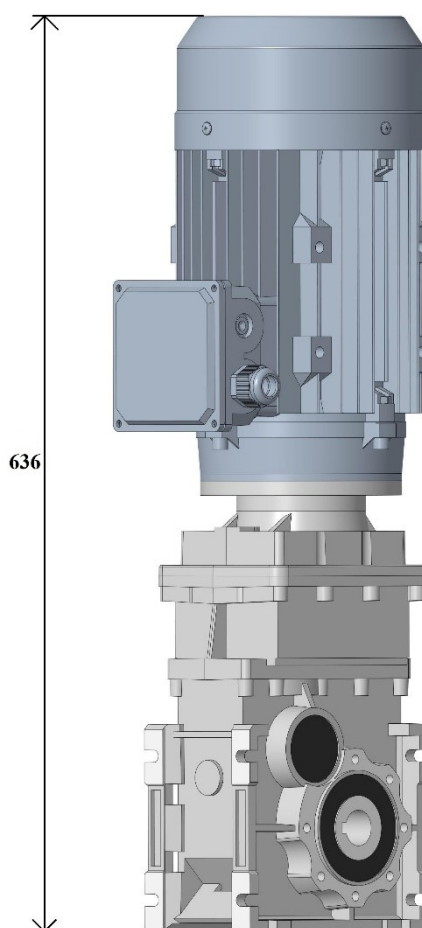
Z tabulky je patrné, že kritériem, které bude určovat směr celého hodnocení je cena. S větším odstupem od ceny se na hodnocení budou zřetelněji podílet hmotnost a výška. Pokud bude cena u jednotlivých variant podobná, dá se očekávat, že právě tyto kritéria budou rozhodující. Hmotnost, výška a cena motoru včetně převodovky dávají skupinu hlavních kritérií.

4.1.2 Varianta A

První varianta řešení zahrnuje motor s označením RMS90L4 od firmy Raveo značky Transtecno opatřený kuželočelní převodovkou řady CMB 633. Pro podávání drátu je nutné mít dva motory s převodovkami, z důvodu výstupního momentu, který činí 152 N·m. V tomto důsledku je patrné, že cena bude dvojnásobná, v Tab. 4.3 je již cena celková.

Tab. 4.3 Varianta A

	Kritérium	90L4-CMB633-B14	Jednotka
1.	Cena	40 534	Kč
2.	Hmotnost	46	kg
3.	Výška	636	mm
4.	Maximální otáčky	88,6	ot·min ⁻¹
5.	Výstupní moment	304	N·m



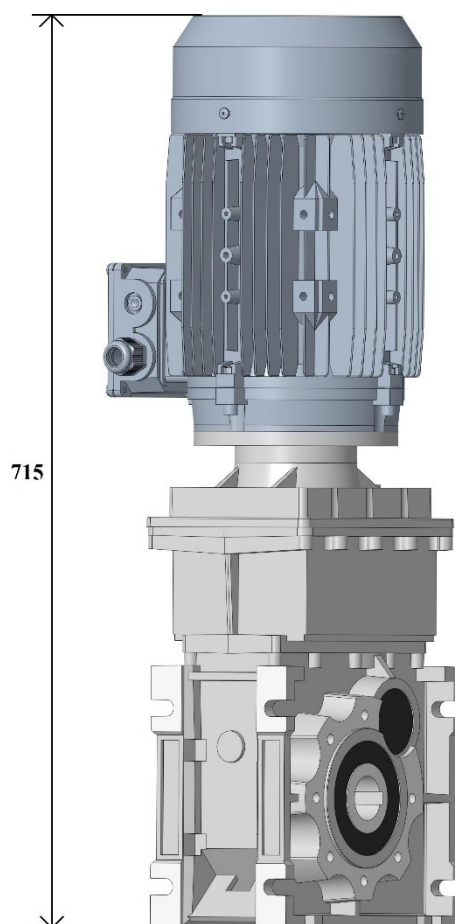
Obr. 4.2 Raveo RMS90L4-CMB633-B14 [10]

4.1.3 Varianta B

Druhé řešení zahrnuje motor s označením RMS100LB4 od firmy Raveo značky Transtecno opatřený kuželočelní převodovkou řady CMB903. V tomto řešení je pouze jeden motor s převodovkou, jelikož jeho výstupní moment činí 345 N·m, není tedy nutné mít pohony dva.

Tab. 4.4 Varianta B

	Kritérium	100L4-CMB903-B14	Jednotka
1.	Cena	28 379	Kč
2.	Hmotnost	39,5	kg
3.	Výška	715	mm
4.	Maximální otáčky	78	ot·min ⁻¹
5.	Výstupní moment	345	N·m



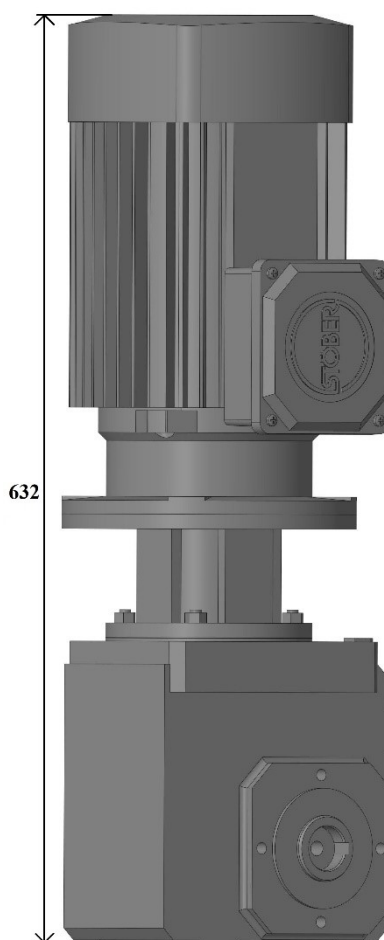
Obr. 4.3 Raveo RMS100LB4-CMB903-B14 [10]

4.1.4 Varianta C

Třetí varianta řešení zahrnuje motor s označením D90L4 od firmy REM značky Stöber opatřený kuželovou převodovkou řady K202-0170. Pro podávání drátu je nutné mít dva motory s převodovkami, z důvodu výstupního momentu, který činí 167 N·m. V tomto důsledku je patrné, že cena bude dvojnásobná, v Tab. 4.5 je již cena celková.

Tab. 4.5 Varianta C

	Kritérium	D90L4-K202-0170	Jednotka
1.	Cena	83 040	Kč
2.	Hmotnost	76,4	kg
3.	Výška	632	mm
4.	Maximální otáčky	83	ot·min ⁻¹
5.	Výstupní moment	334	N·m



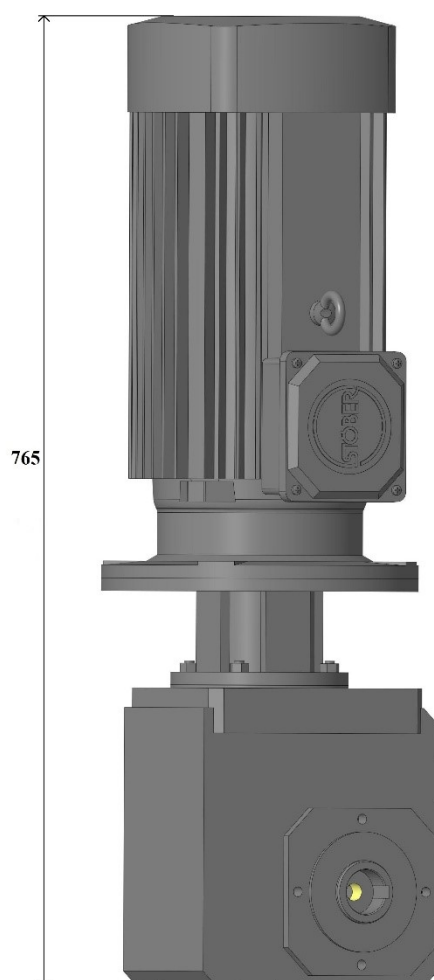
Obr. 4.4 Stöber D90L4-K202-0170 [11]

4.1.5 Varianta D

Poslední řešení zahrnuje motor s označením D100L4 od firmy Rem značky Stöber opatřený kuželovou převodovkou řady K302-0175. V tomto řešení je pouze jeden motor s převodovkou, jelikož jeho výstupní moment činí 329 N·m.

Tab. 4.6 Varianta D

	Kritérium	D100L4-K302-0175	Jednotka
1.	Cena	55 800	Kč
2.	Hmotnost	57	kg
3.	Výška	765	mm
4.	Maximální otáčky	84	ot·min ⁻¹
5.	Výstupní moment	329	N·m



Obr. 4.5 Stöber D100L4-K302-0175 [11]

4.1.6 Stanovení pořadí

Zde bude využita klasická tabulka, akorát namísto jednotlivých hodnot kritérií bude zapsáno pořadí těchto hodnot. Nejlepší hodnotě bude přiřazeno místo první a nejhorší hodnotě místo čtvrté, tedy poslední.

Tab. 4.7 Stanovení pořadí

Varianta	Kritérium				
	Cena	Hmotnost	Výška	Max. otáčky	Výst. moment
A	2	2	2	1	4
B	1	1	3	4	1
C	4	4	1	3	2
D	3	3	4	2	3

Tab. 4.8 Souhrn variant

	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D	Jednotka
1.	40 534	28 379	83 040	55 800	Kč
2.	46	39,5	76,4	57	kg
3.	636	715	632	765	mm
4.	88,6	78	83	84	ot·min ⁻¹
5.	304	345	334	329	N·m

4.1.7 Zohlednění koeficientů významnosti

Nyní je důležité zohlednit váhy jednotlivých kritérií. Stanovená pořadí se vynásobí příslušným koeficientem významnosti viz. (12).

Tab. 4.9 Zohlednění koeficientů významnosti

Varianta	Kritérium					S _j
	1.	2.	3.	4.	5.	
A	0,84	0,5	0,3	0,1	0,32	2,06
B	0,42	0,25	0,45	0,4	0,08	1,6
C	1,68	1	0,15	0,3	0,16	3,66
D	1,26	0,75	0,6	0,2	0,24	3,05
B_jN	0,42	0,25	0,15	0,1	0,08	1

$$z_{ijk} = z_{ij} \cdot B_j \quad (12)$$

$$z_{11k} = 2 \cdot 0,42$$

$$z_{11k} = 0,84$$

$$S_j = \sum z_{ijk}$$

$$S_1 = 0,84 + 0,5 + 0,3 + 0,1 + 0,32 = 2,06$$

4.1.8 Stanovení výsledku

Nejlepší variantě odpovídá ta, která nabývá nejmenší hodnoty S_j . V mém případě ji nabyla varianta B. Jedná se o motor od firmy Raveo, značky Transtecno typ 100LB4 s kuželočelní převodovkou CMB903.

3	n: ot/min	M_e NM	sf	i		Příruby
100LB4 (1400 min ⁻¹)	211	128	2.2	6.65	CMB903	B5/B14
	175	154	1.8	8.00		B5/B14
	144	187	1.5	9.74		B5/B14
	125	216	1.3	11.21		B5/B14
	99.3	271	1.1	14.09		B5/B14
	78.0	345	1.3	17.95		B5/B14
	64.8	416	1.1	21.60		B5/B14
	53.2	506	0.9	26.30		B5/B14

Obr. 4.6 Vítězná varianta [10]

S vítěznou variantou se následně pracovalo v systému CAD. Jelikož firma nabízí volně stažitelné modely, tak tento model byl použit pro názornou ukázkou v modelování, viz. Obr. 4.3.

Obvodová rychlost při 87 Hz s průměrem kladky 153 mm

$$v = \frac{D \cdot n_2 \cdot \pi}{60} = \frac{0,153 \cdot 135,7 \cdot \pi}{60} = 1,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (13)$$

Výpočet tažné síly pohonu

$$M = F \cdot r \Rightarrow F = \frac{M}{r} = \frac{345}{0,0765} = 4510 \text{ N} \quad (14)$$

5 Návrh konstrukčního řešení

V této kapitole je rozpracováno konstrukční řešení podavače. Model podavače drátu se skládá z pěti hlavních sestav: rám podavače včetně příslušenství, rám pro úchyt pohonu, přitlačná kladka, motor včetně převodovky s podávací kladkou a tlačítka pro ruční zavádění v případě poruchy. Návrh konstrukčního řešení byl vymodelován v programu Creo Parametric 4.0.

5.1 Základní rám podavače

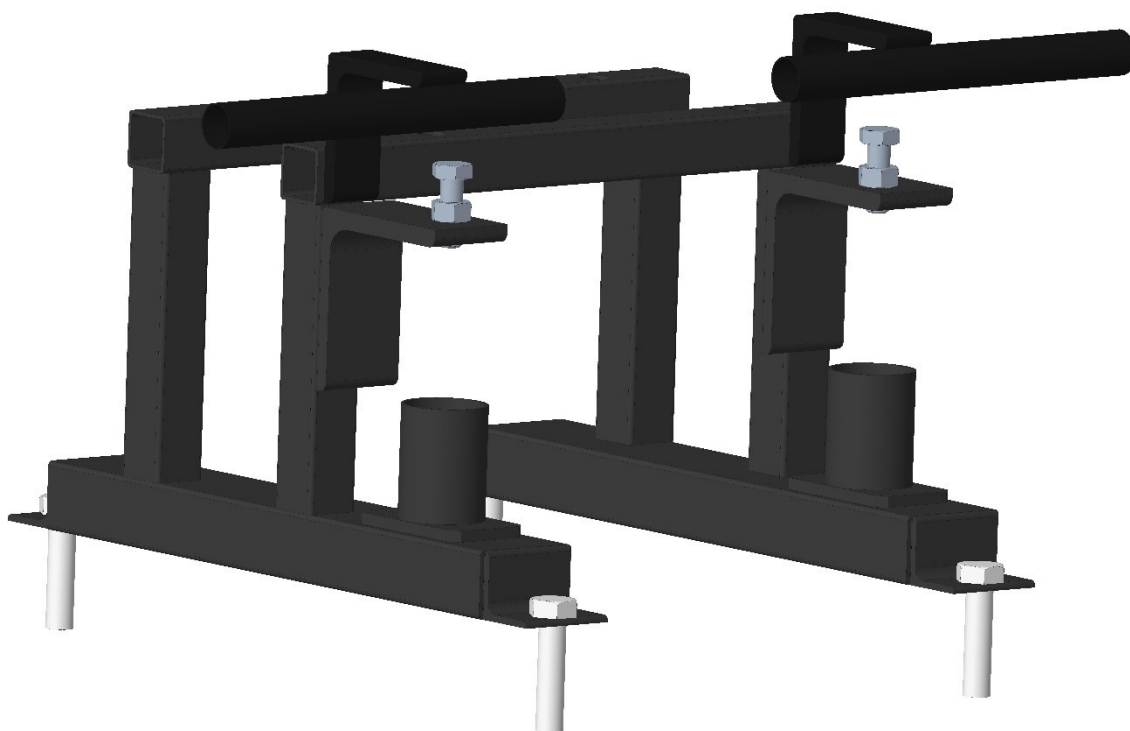
V následující podkapitole lze vidět konstrukci základního rámu podavače ve 3D vyobrazení. Rám je poskládaný z ocelových profilů třídy 11 375 s různými rozměry. Ve spodní konstrukci je zesílená tloušťka a větší rozměr profilů, z důvodu nosné konstrukce celého podavače. Jednotlivé profily jsou k sobě svařeny. V rámu jsou zakomponovány elektro instalační lišty LHD 17x17 pro vedení kabelů. Rozměry základního rámu činí 500 x 988 x 380 mm. Sestavný výkres základního rámu podavače v příloze A.



Obr. 5.1 Základní rám pro podavač

5.2 Rám pro úchyt pohonu

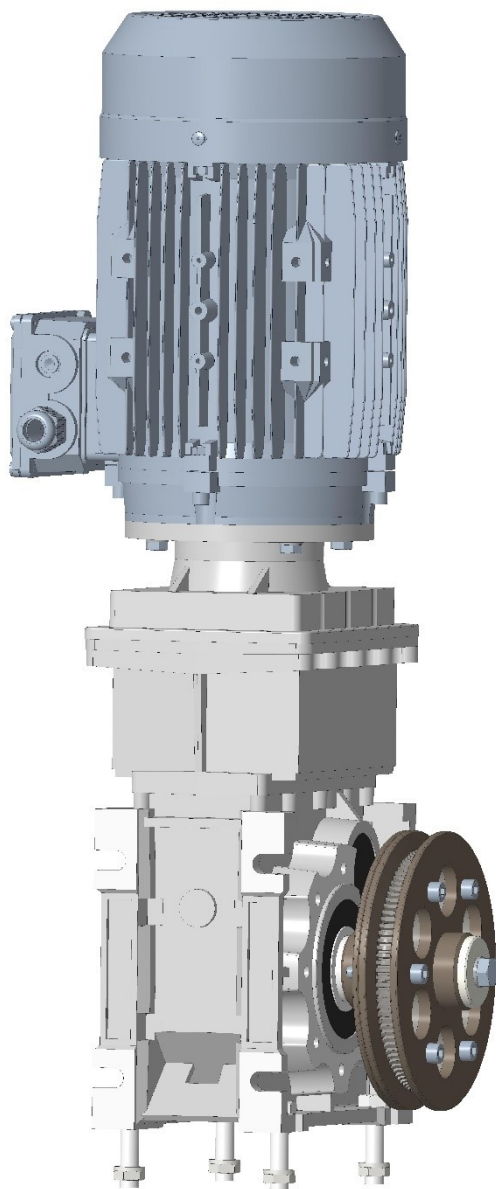
V této podkapitole si lze všimnout nosné konstrukce základního rámu pro úchyt motoru včetně převodovky, podávací kladky a přitlačné kladky. Rám je poskládaný z ocelových profilů třídy 11 375. Tyto profily jsou k sobě také svařeny. Na Obr. 5.2 si lze povšimnout nastavení průměru pro plněný profil drátu za pomoci šroubového spojení. Rám pohonu je poté uchycen pomocí čtyř šroubů k základnímu rámu a tvoří pevné spolehlivé spojení. Vedení drátu je realizováno pomocí dvou trubek, které jsou svařeny k L profilu. Sestavný výkres rámu pro úchyt pohonu v příloze A.



Obr. 5.2 Rám pro úchyt pohonu

5.3 Sestava pohonu

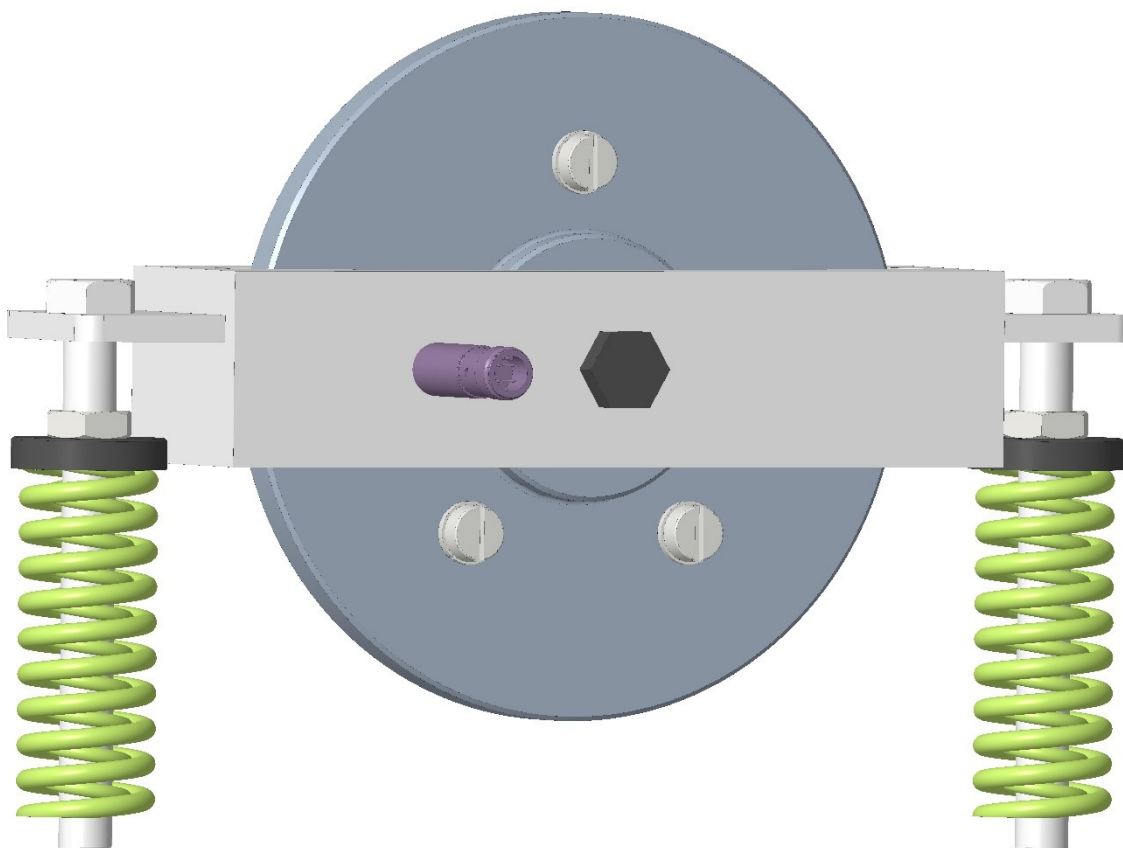
Zde byla zvolena vítězná varianta B Obr. 4.3. K této kombinaci je vymodelovaná hřídel typu SZ, dle parametrů výrobce, která je následně uchycena k převodovce. Podávací kladka je spojena s hřídelí pomocí pojistné desky pro hřídele dle rozměrů strojnických tabulek a přichycena náležitým šroubem. Ozubení podávací kladky má průměr 153 mm, pro tento průměr byla spočítána rychlost podávání drátu (13). Sestavný výkres motoru, převodovky a podávací kladky nalezneme v příloze A.



Obr. 5.3 Sestava pohonu

5.4 Přítlačná kladka

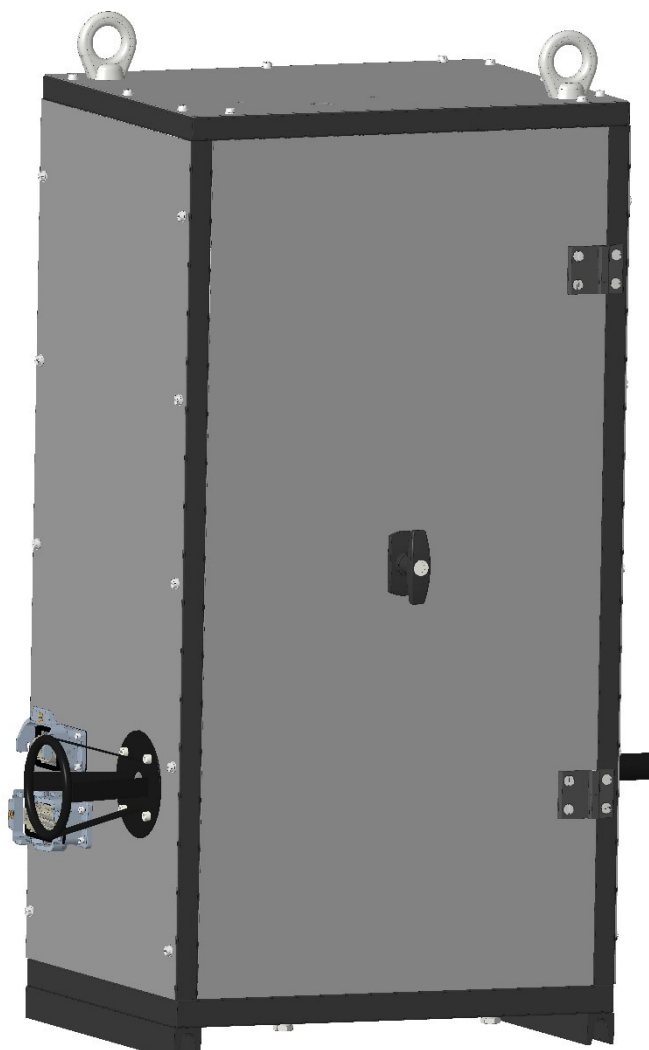
V tomto případě se vycházelo z původního řešení přítlaku. V inovativním řešení je pouze jedna přítlačná kladka. Přítlačný kotouč je nasazen na dvě kuličková ložiska typu SKF 6004, která jsou uchycena pomocí čepu. Uchycení přítlačné kladky k rámu je řešeno pomocí dvou vodících trubek a šroubu M12, který prochází skrz profil 30 x 50 x 2 mm. Na přítlačné kladce je zašroubován indukční senzor pro snímání pulsů od šroubů. Z těchto pulsů je následně vypočtena aktuální rychlost posuvu drátu v programu. Sestavný výkres v příloze A.



Obr. 5.4 Přítlačná kladka

5.5 Rám včetně příslušenství

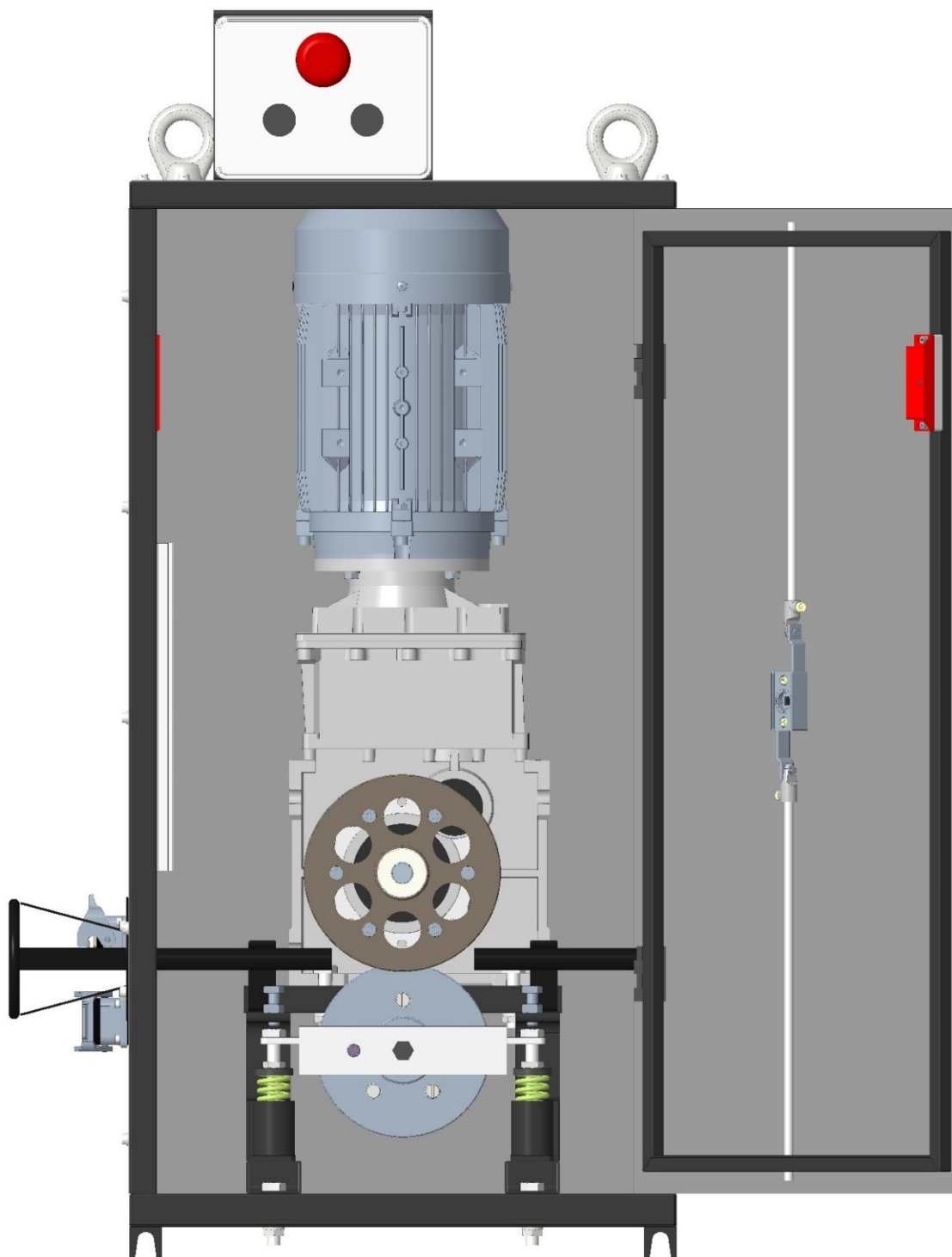
V sestavě je rám vybaven veškerým příslušenstvím. Na Obr. 5.5 jsou vidět vstupní konektory od společnosti Harting pro připojení senzorů a motoru. Pro zákazníka to znamená, že stačí pouze propojit mezi sebou kabely z řídicího systému a podavače. Lze si všimnout také závěsných šroubů, které slouží pro ustavení podavače jeřábem. Z obrázku je patrné, že drát vstupuje levou stranou. Krycí plechy jsou spojeny pomocí šroubových spojů pro případ výměny motoru a snadného manipulování. Otevírání dveří je realizováno pomocí mechanismu od společnosti Lidokov. Výhodou mechanismu je to, že se dveře mohou uzamknout. Při otevření dveří podavače, který je v pracovním procesu, dojde k zastavení podávání drátu z toho důvodu, že magnetický senzor zaznamená otevření dveří. Sestavný výkres v příloze A.



Obr. 5.5 Rám včetně příslušenství

5.6 Finální model podávacího zařízení

Na Obr. 5.6 lze vidět hlavní sestavu finálního modelu podávacího zařízení.



Obr. 5.6 Sestava modelu

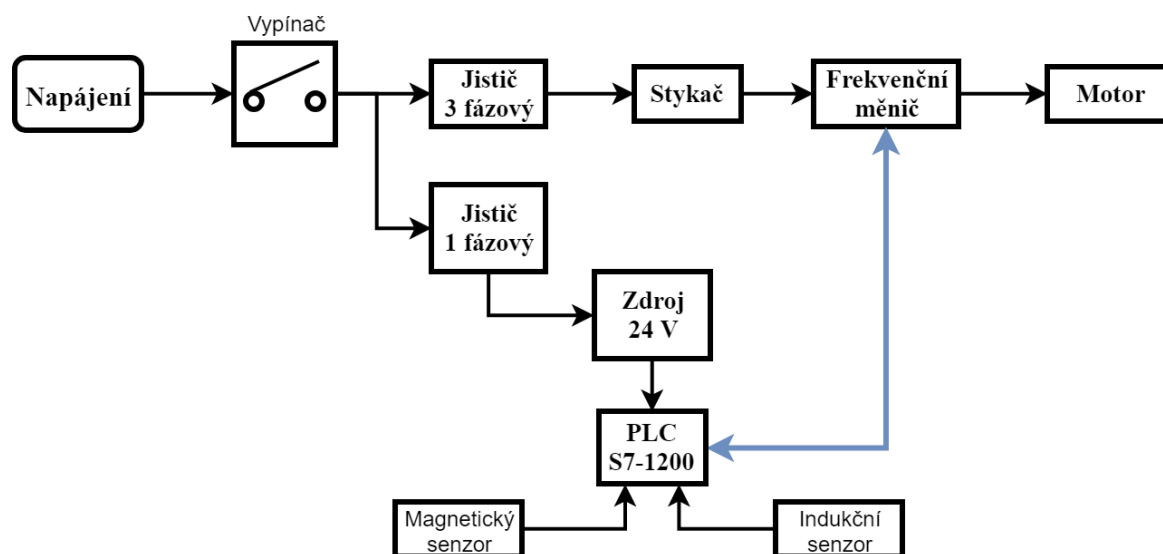
6 Návrh řídicího systému

Aktuální řídicí systém (PLC) vyhovoval požadavkům na podávací zařízení a byl zachován. Se změnou pohonu byl vybrán jiný frekvenční měnič od firmy Bosch Rexroth, který byl doporučen pro řízení zmíněného pohonu. Na Obr. 6.1 lze vidět jednoduché blokové schéma ŘS.

Napájení je realizováno pomocí třífázové zásuvky. Na boku rozváděče je umístěn hlavní vypínač, kterým lze ŘS vypnout. V rozváděči jsou umístěny dva jističe, jednofázový jistič slouží pro 24 V zdroj a třífázový jistič slouží pro pohon. Pro spínání velkých výkonů byl přiřazen stykač před frekvenčním měničem od firmy Schneider Electric.

S PLC komunikuje magnetický senzor pro snímání otevření dveří a indukční senzor pro snímání aktuální rychlosti podávání. Na základě těchto informací PLC komunikuje přes LAN s frekvenčním měničem, který řídí podavač. PLC je napájeno z 24 V DC zdroje NDR-240-24.

Schémata zapojení včetně kusovníku v příloze C.



Obr. 6.1 Blokové schéma řídicího systému

6.1 Frekvenční měnič

Frekvenční měnič je zařízení určené pro řízení asynchronních motorů včetně plynulého řízení otáček a rozběhu. Principem funkce je usměrnění vstupního napětí a změna na střídavé napětí o jiné hodnotě napětí a frekvence. Pro řízení podavače byl použit FM od firmy Bosch Rexroth typu EFC5610-5K50-3P4-MDA-7P s vektorovým řízením, který je dimenzován pro chvilkové řízení pomocí 87 Hz principu.

Výpočet výkonu FM

$$P_{FM} = P_m \cdot \sqrt{3} = 3 \cdot \sqrt{3} = 5,19 \text{ kW} \quad (15)$$



Obr. 6.2 Frekvenční měnič Bosch Rexroth EFC5610 [12]

6.2 Magnetický senzor

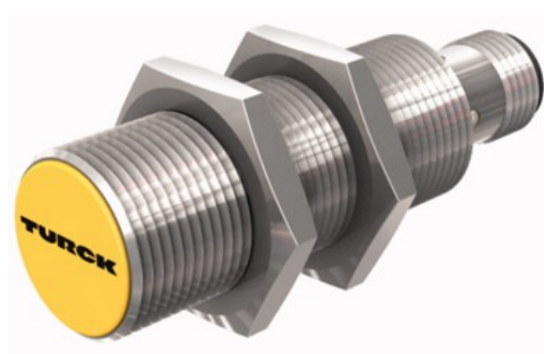
Obecně slouží k bezdotykové detekci poloh. Mohou také detekovat objekt i skrz nemagnetické kovové materiály. V návrhu podavače byl vybrán typ XCSDMP7002 od firmy Schneider Electric. Tento magnetický senzor byl použit především pro bezpečnost operátora. Magnetický senzor je obdélníkového tvaru a je vhodný pro průmyslové prostředí.



Obr. 6.3 Magnetický senzor [13]

6.3 Indukční senzor

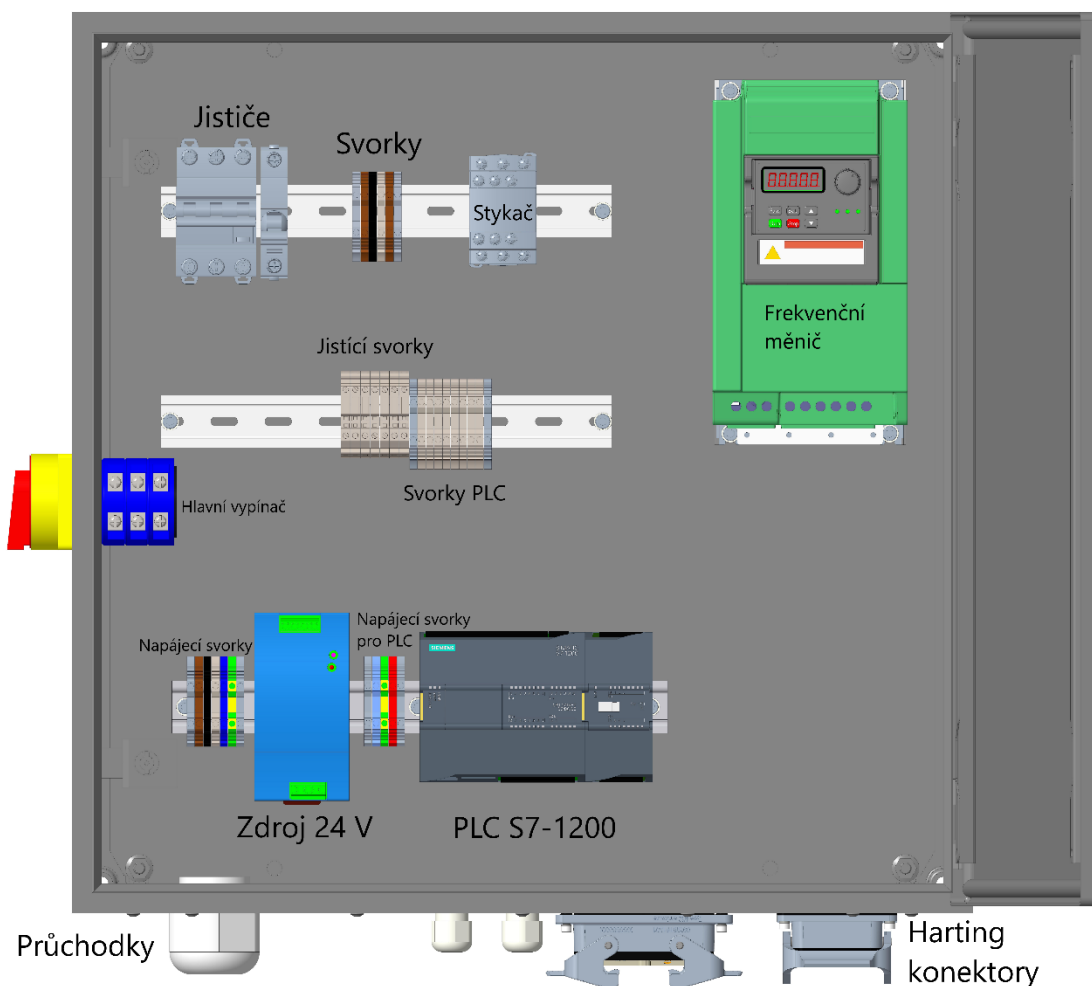
Indukční senzory umožňují bezkontaktně detekovat, popřípadě i měřit přiblížení elektrických vodivých materiálů na určitou vzdálenost. Výhodou tohoto typu senzoru je možnost bezchybně a dlouhodobě pracovat v prašném prostředí. Pro zjištění otáček přítlačné kladky byl zvolen typ indukčního senzoru BI3U od firmy Turck.



Obr. 6.4 Indukční senzor [14]

6.4 Vizualizace řídicího systému

Z blokového schématu byla následně sestavena vizualizace řídicího systému v Creo Parametric 4.0. Jednotlivé komponenty byly možné volně stáhnout ze stránek daného výrobce. Rozměry rozváděče AE 1360.500 dle výrobce činí 600 x 600 x 350 mm. Rozváděčová skříň je výrobcem certifikovaná a stupeň krytí má IP66, je tedy vhodná pro průmyslové prostředí.



Obr. 6.5 Vizualizace řídicího systému

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo sepsání a seznámení se se stávajícím řešením podávacího zařízení a řídicího systému, to bylo popsáno v první kapitole. V nadcházející kapitole jsou popsány rešerše elektropohonů.

V kapitole č. 3 byl sepsán požadavkový list, který byl konzultován s firmou VÚHŽ a.s., a pro vylepšení podávacího zařízení je důležitý.

Významným aspektem pro podávací zařízení byl výběr správného motoru včetně převodovky. V první řadě byl navržen stejnosměrný motor, později se však ukázalo, že nedodržel zmíněný požadavkový list a byl zavrhnut. Přeorientoval jsem se na asynchronní motory a provedl jsem vícekritériální analýzu se čtyřmi variantami motorů, z nichž jsem následně vybral ten nejvhodnější. Nejlepší volbou pro podávací zařízení se stal motor s převodovkou od firmy Raveo RMS100LB4-CMB903-B14.

V 5. kapitole jsem se zabýval modelováním v CAD systému v programu Creo Parametric 4.0 ve kterém byl vytvořen model podavače drátu Obr. 5.6. Navržený model splnil všechny body požadavkového listu. V mé variantě zpracování byla navýšena rychlost podávání na $1,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a zvýšená tažná síla o 167 N. Došlo k razantnímu snížení hmotnosti podavače drátu, a to až o 165 kg. Velikost rámu původního řešení je 750 x 850 x 550 mm, ale v mém řešení velikost činí 500 x 988 x 380 mm. Šířka a délka podavače byla snížena, ale výška rámu musela být zvýšena z důvodu konstrukce převodovky a motoru.

K podavači drátu byl také navržen nový řídicí systém Obr. 6.5. Použité PLC vyhovovalo požadavkům, a tak bylo zachováno. Současně byl zvolen frekvenční měnič od firmy Bosch, který byl doporučen pro řízení konkrétního motoru. Vytvořil jsem jednoduché blokové schéma, kde lze vidět, jak daný řídicí systém funguje. S návazností na to, bylo vytvořeno i schéma zapojení.

V bakalářské práci bylo dokázáno, že se snížila hmotnost konstrukce, cena celkových nákladů na výrobu a navýšila se rychlost podávání drátu.

Seznam použité literatury

- [1] ROUBÍČEK, O. *Elektrické motory a pohony*. Praha: BEN, 2004. 191 s. ISBN 80-7300-092-X. [cit. 2018-10-28]
- [2] HRABOVCOVÁ, V., RAFAJDUS, P. *Elektrické stroje*. Žilina: EDIS, 2009. 415 s. ISBN 978-80-554-0101-0. [cit. 2018-10-28]
- [3] DRASTÍK, F. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. 2. vyd. Praha: MONTANEX, 1995. 563 s. ISBN 80-85780-95-X. [cit. 2019-04-10]
- [4] BURKOVIC, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004 110 s. ISBN 80-248-0709-2. [cit. 2019-04-12]
- [5] Lenze [Online]. [cit. 2018-10-18] Dostupný z:
https://www.lenze.com/fileadmin/lenze/documents/en/catalogue/Catalogue_AC_motors_MD_MH_MF_13558967_en-GB.pdf
- [6] Hennlich [Online]. [cit. 2018-10-19] Dostupný z:
<https://www.hennlich.cz/produkty/pruziny-tlacne-pruziny-162/tlacne-pruziny-z-pruzinove-oceli.html>
- [7] Siemens-Řídící systémy S7-1200 [Online]. [cit. 2018-10-25] Dostupný z:
http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=5dc8474325&ctxp=doc_manualy
- [8] Elektrické pohony – mechaniky [Online]. [cit. 2018-10-28] Dostupný z:
http://homen.vsb.cz/~ste37/Elektricke%20pohony%202018/P%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky/01%20-%20EP23_MS_zakl%20pojmy%20a%20mechanika%202017.pdf
- [9] Mechatronické systémy-El. stroje-asynchronní motory [Online]. [cit. 2018-10-28] Dostupný z:
http://homen.vsb.cz/~ste37/Elektricke%20pohony%202018/06%20-%20MS_motory%20asynchronn%C3%AD%202017b.pdf

- [10] Raveo [Online]. [cit. 2019-03-15] Dostupný z:
https://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2015/02/kuzelove_CMB_en.pdf
- [11] Rem-Technik [Online]. [cit. 2019-03-15] Dostupný z:
<https://www.rem-technik.cz/files/files/194/stoeber-uhlova-prevodovka-k-s-ac-motorem-en-de.pdf>
- [12] Raveo-Bosch Rexroth [Online]. [cit. 2019-04-10] Dostupný z:
<https://www.raveo.cz/bosch-rexroth-efc3610-efc5610>
- [13] Schneider Electric [Online]. [cit. 2019-04-20] Dostupný z:
<https://www.se.com/cz/cs/product/XCSDMP7002/k%C3%B3dovan%C3%BD-magnetick%C3%BD-sp%C3%ADna%C4%8D-xcsdmp---sil-3---22v%2B1z---1v-kabel-2-m/>
- [14] Turck [Online]. [cit. 2019-04-20] Dostupný z:
<http://pdb2.turck.de/cz/DE/groups/000000010002461b00030023>

Seznam příloh

Příloha A:	Sestavné výkresy
Příloha B:	Výrobní výkresy
Příloha C:	Kusovník a schémata řídicího systému
Příloha D:	CD

Obsah CD

- bakalářská práce ve formátu pdf a word
- model podavače drátu v programu Creo
- model řídicího systému v programu Creo
- sestavné výkresy
- výrobní výkresy
- kusovník a schémata řídicího systému